Sincronização Automática de Geradores

Renan Bernardes

INTRODUÇÃO

A conexão de unidades geradoras em paralelo ao sistema elétrico deve cumprir requisitos de sincronismo, não podendo a máquina ser energizada de forma arbitrária. Os valores de tensão, frequência e ângulo de fase devem estar dentro de limites adequados, com diferenças mínimas (idealmente nulas) entre as grandezas geradas e as grandezas do sistema a ser conectado, tal como linha de transmissão ou distribuição.

A magnitude da tensão nos terminais do gerador deve ser próxima ou idêntica à tensão do sistema para evitar o surgimento de corrente circulante entre a conexão estabelecida (barramento). Esta corrente pode danificar as máquinas síncronas, podendo causar queima dos enrolamentos e redução da vida útil. As frequências também devem estar próximas entre si para evitar o aparecimento de tensões distorcidas no barramento e consequentes picos de tensão. Por fim, o ângulo de fase deve ser o mais próximo possível a fim de eliminar correntes circulantes devido à diferença fasorial resultante entre as tensões.

O controle da magnitude das tensões nos terminais do gerador é feito através de regulador de tensão (RT), também conhecimento como AVR (*Automatic Voltage Regulator*). O controlador deve atuar no sistema de excitação da máquina para aumentar ou diminuir o nível da tensão fornecida. A frequência gerada é controlada através do regulador de velocidade (RV), conhecido também como *Governor*,que irá aumentar ou diminuir a velocidade das turbinas ou da força motriz. A atuação do RV também garante alteração na defasagem angular entre as tensões geradas e do sistema.

Convencionalmente, sempre se fez necessário o investimento em controladores dedicados para a regulação da tensão e da frequência. Atualmente, através do relé de proteção para geradores SEL-700G, o próprio IED (*Intelligent Electronic Device*) incorpora estas funções de controle, atuando diretamente no regulador de tensão e velocidade, além de executar funções de proteção abrangentes. O relé de proteção passa a ser responsável também pela sincronização da máquina de forma automática. A figura 1 abaixo ilustra esta multifuncionalidade do relé SEL-700G. Esta inovação permite economia de investimento e gastos com controladores, transformadores de equipamentos e transdutores, adaptações em painéis, serviços, etc.

Este guia irá apresentar o princípio de funcionamento da função de sincronização automática presente no relé de proteção SEL-700G. Será mostrado exemplo de aplicação no qual serão abordados os principais ajustes e lógicas relacionadas. A função de autossincronização está presente nos modelos SEL-700G0+, SEL-700G1+ e SEL-700GT. Para maiores informações sobre o produto, acesse o site: www.selinc.com.br ou contate nossa equipe de suporte técnico, através do email: suporte@selinc.com.

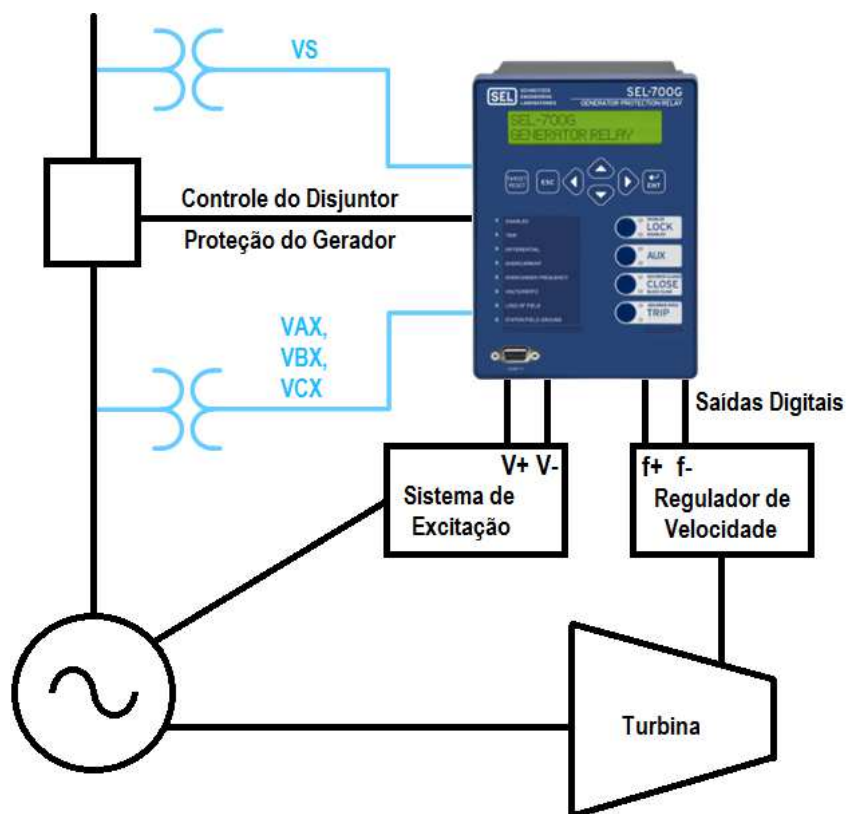



Figura 1 – Relé SEL-700G com sincronização automática incorporada

VERIFICAÇÃO DE SINCRONISMO

Antes de analisarmos o funcionamento da lógica de sincronização automática, iremos a seguir introduzir a função de verificação (ou check) de sincronismo – código ANSI 25, considerando seu funcionamento e os ajustes envolvidos. Os parâmetros mostrados neste tópico serão utilizados novamente na sequencia, uma vez que a autossincronização é complementar à função de check de sincronismo.

O relé utiliza as tensões medidas do sistema (VS) e a tensão medida no lado do gerador (VPX no caso). A figura 8 deste guia apresenta exemplo de ligações para estas tensões. O SEL-700G usa a tensão de sequencia positiva do gerador para medir a frequência gerada, e leva em conta o ajuste SYNCP para definir qual o defasamento será considerado na comparação com a tensão do sistema. O ajuste SYNCP deve contemplar a fase compatível com a localização do TP (transformador de potencial) para a tensão do sistema. A figura 2 ilustra exemplos de configurações e exemplos de ajustes. Caso o escorregamento – ou slip (diferença entre a frequência do gerador e do sistema) esteja dentro de uma faixa ajustada, e, ambas as tensões estejam dentro da faixa adequada e a diferença do ângulo de fase esteja menor que o limite definido, a função check de sincronismo permite o fechamento do disjuntor e pode enviar o comando CLOSEX para determinada saída digital fechar o disjuntor.

Nota: O SEL-700G pode realizar a compensação do tempo de fechamento do disjuntor. O Word bit que comanda fechar o disjuntor é enviado pelo relé com uma antecedência equivalente ao tempo de fechamento do disjuntor programado no IED. Desta forma, o dispositivo é fechado de fato quando a diferença do ângulo de fase é o mais próximo de zero possível.

Caso o TP do gerador e o TP do sistema não possuam a mesma relação de transformação, ou não estejam conectados à mesma fase, por exemplo: TP conectado à fase A no lado do gerador e TP na fase BC no lado do sistema, ou ainda existe um transformador elevador entre os TPs, o SEL-700G realiza a compensação para a tensão no terminal do gerador (mostrada como Vpcx). O ajuste SYNCP deve ser usado de forma a compensar eventual defasagem angular, enquanto o ajuste 25RCFX adéqua o valor da magnitude da tensão. A figura 2 a seguir ilustra exemplos desta configuração:

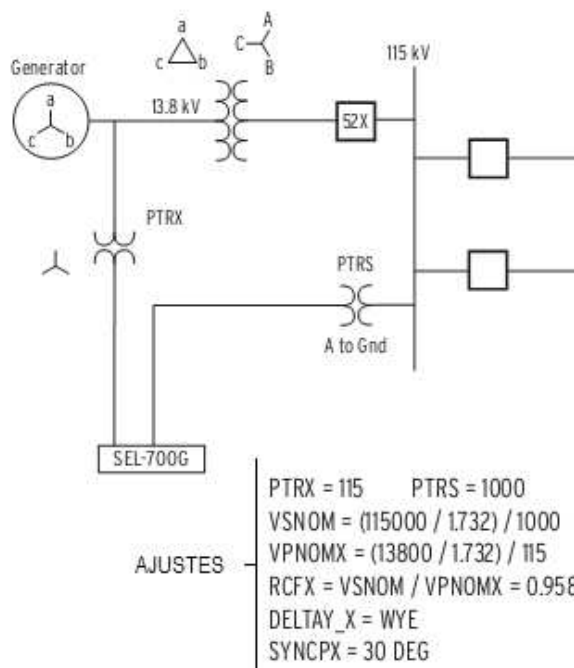



Figura 2 Exemplo de ajustes SYNCPX e RCFX em caso de transformador elevador com defasamento angular e/ou diferentes relações de transformação.

A tabela 1 a seguir mostra descrição e resumo dos principais ajustes do relé SEL-700G associados à função de verificação de sincronismo. Veremos em seguida que muitos destes ajustes irão influenciar a lógica de sincronização automática.

Tabela 1 Ajustes para a função de check de sincronismo

Ajuste	Faixa	Descrição / Comentários
E25X	Y, N	Habilita a função 25 - Necessário estar em Y (Yes) para ativar a sincronização automática (AutoSync)
25VLOX	0.00 - 300.00 V	Tensão mínima permitida para ativação da função em Volts secundários
25VHIX	0.00 - 300.00 V	Tensão máxima permitida para ativação da função em Volts secundários
25VDIFX	OFF, 1.0 - 15.0 %	Diferença máxima entre a tensão do sistema e a tensão do gerador
25RCFX	0.500 - 2.000	Fator de correção da tensão do gerador - ajustado conforme exemplo da figura 2 (padrão = 1)
GENV+	Y, N	Habilite este ajuste (GENV+ = Y) somente se for necessário que a tensão do gerador seja maior que a do sistema para ativação da função 25 – ver recomendação do fabricante do RT
25SLO	- 1.00 a 0.99 Hz	Escorregamento de frequência mínimo permitido
25SHI	- 0.99 a 1.00 Hz	Escorregamento de frequência máximo permitido
25ANG1X	0-80 graus	Diferença entre o ângulo de fase do sistema e do gerador - nível 1
25ANG2X	0-80 graus	Diferença entre o ângulo de fase do sistema e do gerador - nível 2
CANGLE	- 15.0 a 15 graus	O relé irá mandar fechar o disjuntor quando a diferença entre o ângulo de Vpcx (tensão do gerador compensada) e VS (tensão do sistema) for igual a este valor ajustado
SYNCPX	VAX, VBX, VCX, 0, 30, 60... 330 graus	Tensão de referência para o check de sincronismo, ou defasamento angular para a tensão no terminal do gerador - ver exemplo da figura 2. Os ângulos são sempre referenciados à fase A
TCLOSDX	OFF, 1-1000 ms	Tempo de fechamento do disjuntor caso desejada a compensação.

CFANGLE	OFF, 3-120 graus	Caso o disjuntor não esteja fechado após a diferença angular atingir o valor deste ajuste, o relé SEL-700G irá declarar falha de disjuntor. Um exemplo de aplicação seria associar esta lógica a um relé de bloqueio para proteger o gerador em questão.
BSYNCHX	SELogic	Lógica booleana para desativar a função de check de sincronismo através de comando ou condições dinâmicas. Ajustado geralmente como disjuntor = fechado.

Nota: As tensões mostradas na tabela 1 acima se referem às tensões nos secundários dos TPs, em Volts. Os ajustes serão feitos considerando tensões fase-neutro para TPs conectados em estrela ou tensões fase-fase para TPs conectados em delta em V.

Para maiores informações sobre como definir os ajustes e sobre a lógica de verificação de sincronismo, veja a seção 4 do manual de instruções do relé SEL-700G ou contate o suporte técnico SEL.

Sincronização Automática

Como já mencionado, o sincronizador é usado para adequar a tensão, a frequência e o ângulo de fase, de forma automática, nos terminais do gerador antes de conectá-lo em paralelo ao sistema. A figura 3 a seguir mostra um diagrama de bloco do funcionamento geral desta lógica, incluindo a descrição dos ajustes envolvidos. O relé SEL-700G utiliza a tensão do sistema e a tensão do gerador compensada (no caso VS e Vpxc respectivamente) e promove autossincronismo que:

- Controla a frequência do gerador para garantir que o escorregamento (slip) de frequência em relação ao sistema esteja dentro de limites aceitáveis ajustados pelo usuário;
- Controla a frequência do gerador para garantir que a diferença do ângulo de fase em relação a tensão do sistema esteja dentro de limites aceitáveis definidos pelo usuário;
- Controla a tensão do gerador, para garantir a tensão Vpxc dentro de janela aceitável conforme definido pelo usuário.

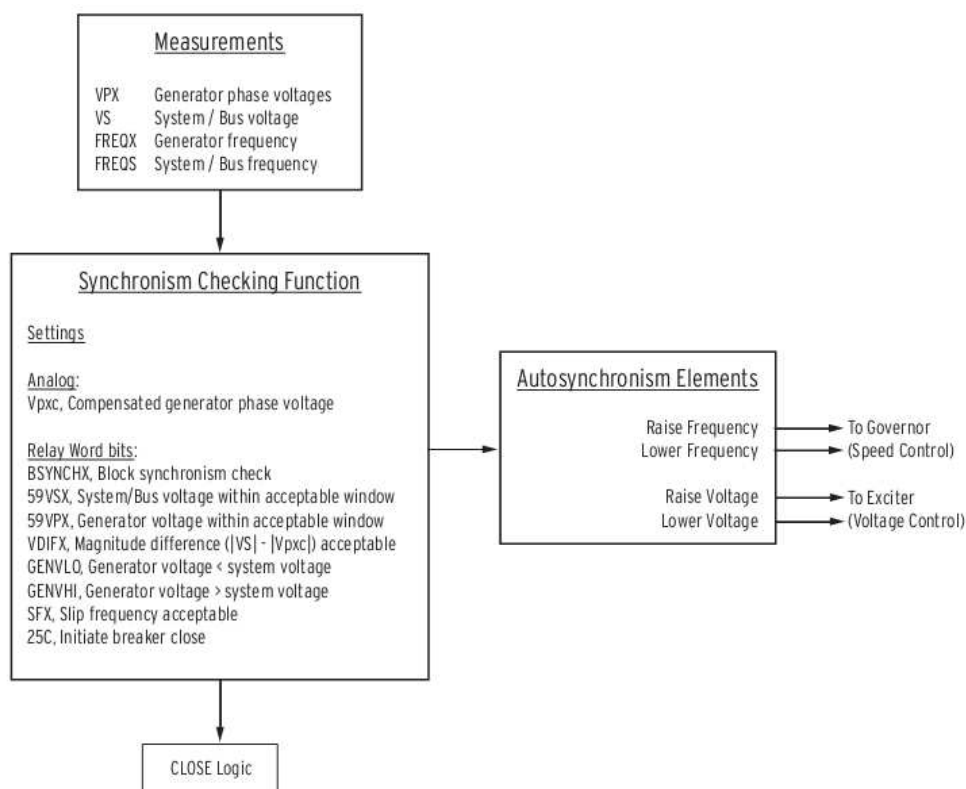



Figura 3 Diagrama Geral da Lógica de AutoSync

A função de sincronização, como já dito, trabalha em conjunto com a função de check de sincronismo. É necessário habilitar a função 25 e ajustar EAUTO: = DIG para habilitar os elementos da função AutoSync. A figura 3 acima mostra grandezas analógicas e digitais (Word Bits) que são usados em ambas as funções.

Ajuste da Frequência

Ajuste a equação lógica FSYNCST para iniciar o controle do regulador de velocidade. Por exemplo, você pode associar uma entrada binária (como a IN301) e associá-la a uma chave do painel. Também podemos partir esta lógica através de comando remoto via sistema supervisório, associando um comando na IHM (Interface Homem-Máquina) a algum remote bit do IED (por exemplo, RB05). Alternativamente, você pode executar o comando AST no hiperterminal para iniciar simultaneamente ajuste da frequência e da tensão. O Word Bit FSYNCACT é ativado indicando que a lógica para controle da frequência está ativa.

O autossincronizador do relé SEL-700G ajusta a frequência para aproximá-la da frequência do sistema. O relé compara a frequência gerada com a do sistema/barramento e ativa os Word Bits FRAISE ou FLOWER conforme necessário. O bit FRAISE atua de forma a aumentar a frequência da unidade geradora no RV, enquanto o bit FLOWER atua para diminuir a frequência gerada. Ambos os bits são pulsantes e devem estar associados a saídas digitais do relé que estarão conectadas ao regulador. Uma saída deve ser programada para aumentar a frequência e outra saída para diminuir. A figura 9 apresenta um exemplo para ligações do circuito de controle DC.

Como mostrado na figura 4 a seguir, a largura do pulso destes Word Bits é proporcional à distância da frequência do gerador em relação ao sistema. Quanto maior for esta diferença entre as frequências (slip), maior será a largura do pulso. Ajuste FADJRATE igual à taxa de resposta do RV para controlar os pulsos, de acordo com a folha de dados do regulador. Ajuste também FPSLMIND e FPSLMAX para definir as larguras mínimas e máximas do pulso respectivamente. Será apresentado a seguir neste guia exemplo de ajustes para verificação prática.

Ajuste FPULSEI para definir o intervalo entre os pulsos para os bits FRAISE e FLOWER. Este intervalo deve ser maior que o tempo para estabilização da frequência após o pulso de controle ser aplicado. Isto previne um que seja enviado pulso subsequente indevido que leve o RV a exceder o slip ajustado.

Procure no catálogo do regulador de velocidade as informações para ajustar de forma correta os parâmetros: FADJRATE, FPLSMIN, FPLSMAX e FPULSEI.

À medida que o escorregamento (slip) de frequência se aproxima da faixa ajustada (25SLO < Slip < 25SHI), a largura do pulso diminui para prevenir oscilação que torne a frequência novamente fora do limite após um pulso de controle. Tipicamente esta condição cria escorregamento aceitável que irá permitir o fechamento do disjuntor pelo Word Bit 25C do check de sincronismo.

A lógica descrita acima pode ser visualizada em blocos conforme figura 4 abaixo:

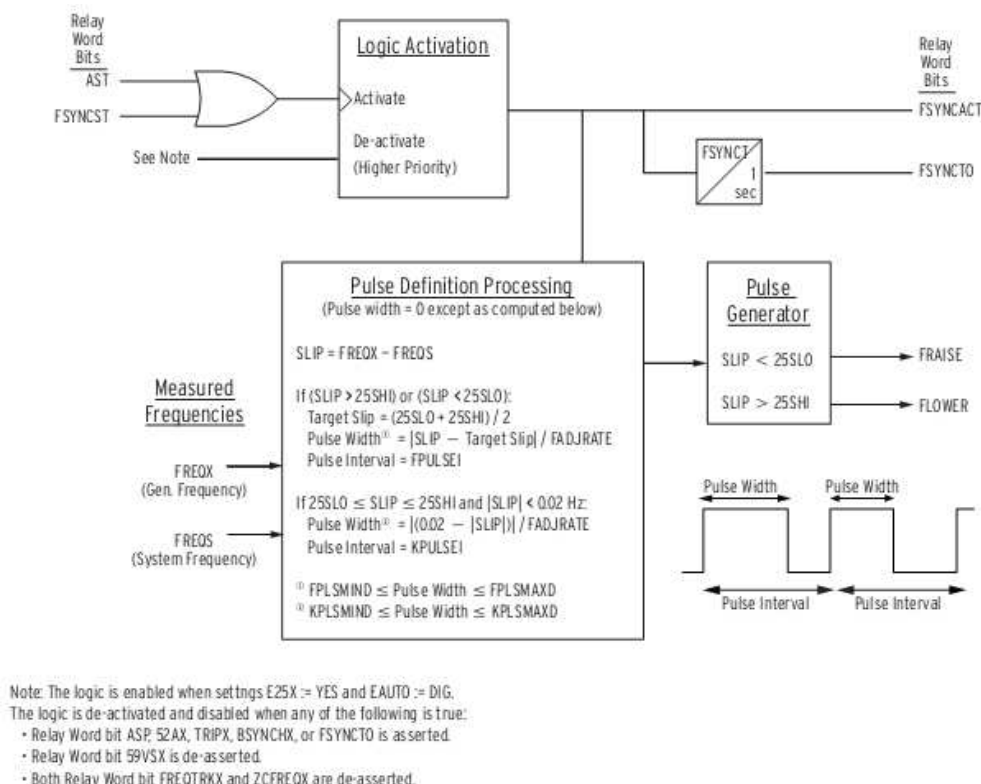



Figura 4 Lógica para ajuste e controle da frequência gerada

Ajuste do Ângulo de Fase

Em alguns casos pode ser necessário um ajuste fino da frequência (por exemplo, o ajuste 25SLO ou o ajuste 25SHI estão entre -0.02 e + 0.02 Hz), os pulsos para correção da frequência tendem a parar sua ativação quando o escorregamento é bem próximo de zero. Isto impede que a lógica de check de sincronismo ative o bit 25C (para fechamento do disjuntor) em condição de ângulos de fase distantes sendo as tensões Vpxc e VS estáticas entre si. O relé SEL-700G inclui lógica para ajuste fino do ângulo de fase que detecta automaticamente esta situação e produz pulsos rápidos (ou curtos) para aumentar ou diminuir este escorregamento de frequência, como mostrado na figura 4 acima. Isto permite que as tensões não sejam mais estáticas e seus ângulos se aproximem.

Ajuste KPLSMIND, KPLSMAXD e KPULSEI para definir as larguras mínimas e máximas destes pulsos, assim como o intervalo entre eles respectivamente. Veja o catálogo do regulador de velocidade para informações relevantes.

Ajuste da Tensão

Ajuste a equação lógica VSYNCST para iniciar o controle do regulador de tensão. Por exemplo, você pode associar uma entrada binária (como a IN302) e associá-la a uma chave do painel. Também podemos partir esta lógica através de comando remoto via sistema supervisório, associando um comando na IHM (Interface Homem-Máquina) a algum remote bit do IED (por exemplo, RB06). Alternativamente, você pode executar o comando AST no hiperterminal para iniciar simultaneamente ajuste da frequência e da tensão. O Word Bit VSYNCACT é ativado indicando que a lógica para controle da tensão está ativa.

O autossincronizador do relé SEL-700G ajusta a tensão do gerador a fim de aproximar a mesma da tensão do sistema. O relé compara a magnitude da tensão do gerador Vpxc com a tensão VS e ativa o Word Bit VRAISE ou VLOWER conforme necessário. O bit VRAISE atua de forma a aumentar a tensão da unidade geradora no RT, enquanto o bit VLOWER atua para diminuir a tensão gerada. Ambos os bits são pulsantes e devem estar associados a saídas digitais do relé que estarão conectadas ao regulador. Uma saída deve ser programada para aumentar a tensão e outra saída para diminuir. A figura 9 mostra exemplo de conexões para o circuito de controle DC.

Como mostrado na figura 5, a largura do pulso dos Word Bits é proporcional à distância da tensão do gerador em relação ao sistema. Quanto maior for esta diferença entre as tensões, maior será a largura do pulso. Ajuste VADJRATE igual à taxa de resposta do RT / sistema de excitação para controlar os pulsos, de acordo com a folha de dados do regulador. Ajuste também VPSLMIND e VPSLMAX para definir as larguras mínimas e máximas do pulso respectivamente. Será apresentado a seguir neste guia exemplo de ajustes para verificação prática.

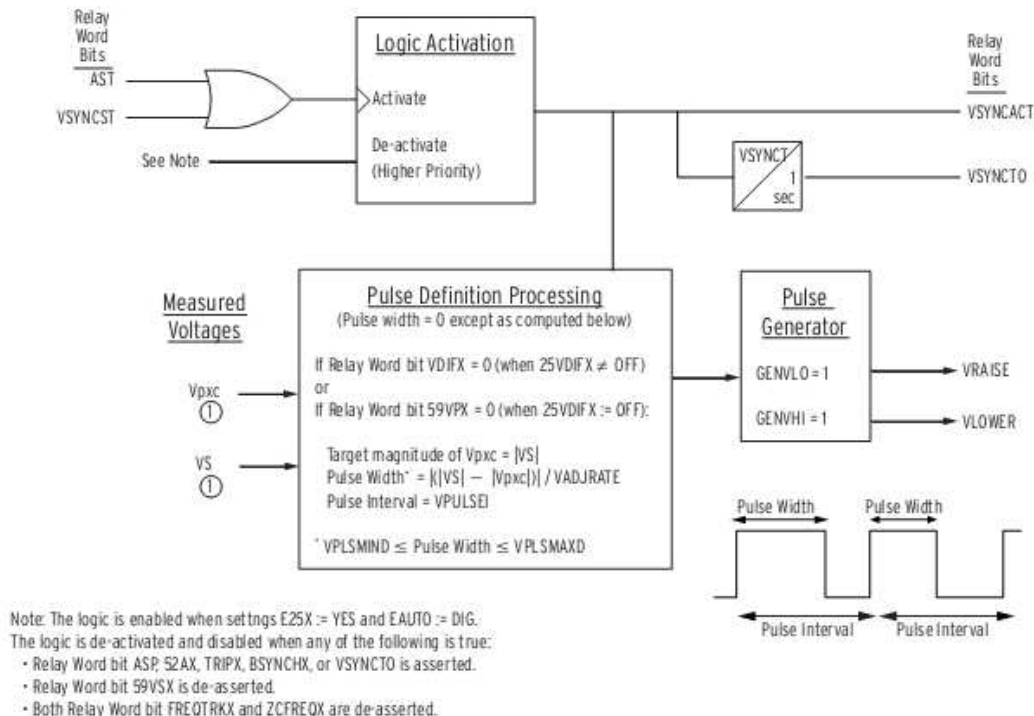



Figura 5 Lógica para ajuste e controle da tensão gerada

Ajuste VPULSEI para definir o intervalo entre os pulsos para os bits VRAISE e VLOWER. Este intervalo deve ser maior que o tempo para estabilização da tensão após o pulso de controle ser aplicado. Isto evita um que seja enviado pulso subsequente indevido que leve o RT a exceder o percentual da diferença (25VDIFX) ajustado.

Procure no catálogo do regulador de tensão as informações para ajustar de forma correta os parâmetros: VADJRATE, VPLSMIN, VPLSMAX e VPULSEI.

À medida que a tensão do gerador se aproxima da tensão do sistema, a largura do pulso diminui para prevenir oscilação que torne a frequência novamente fora do limite após um pulso de controle. Tipicamente esta condição cria escorregamento aceitável que irá permitir o fechamento do disjuntor pelo Word Bit 25C do check de sincronismo.

Sincroscópio e Relatório de Sincronização

O software AcSELerator QuickSet – SEL-5030 fornece display para visualização do sincroscópio, para um PC conectado ao relé SEL-700G. Não é necessário investimento em equipamentos ou recursos adicionais, sendo o software e suas atualizações gratuitas (acesse www.selinc.com.br para maiores informações). Veja a figura 6 para exemplo de tela:

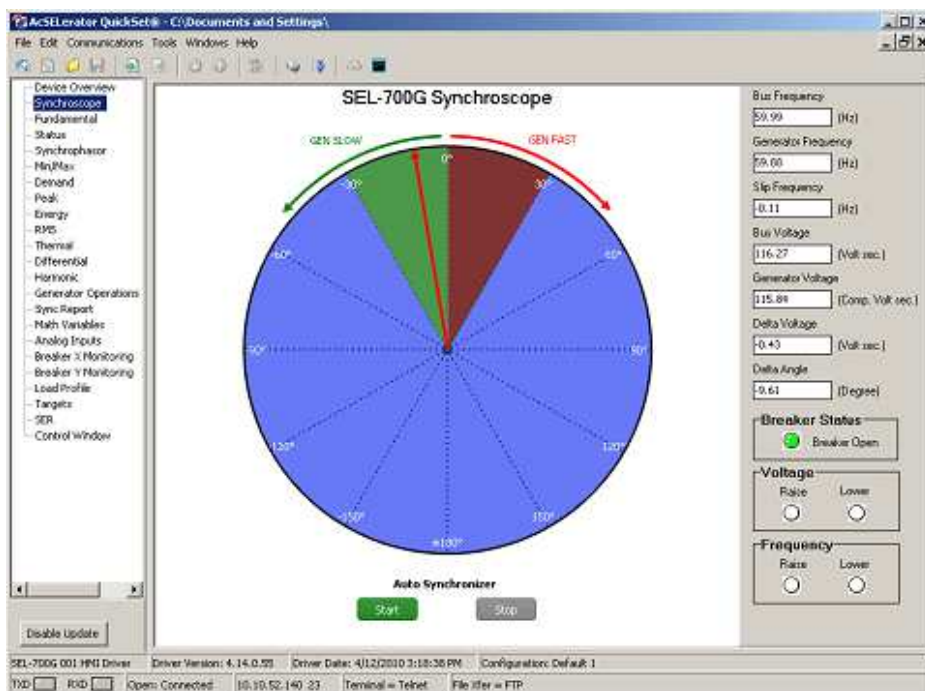



Figura 6 Sincroscópio presente no software SEL-5030

O relé SEL-700G dispara e salva relatório gráfico para cada sincronização automática realizada ou para comando GST executado programa de emulação terminal. Veja a figura 7 para exemplo de gráfico de autossincronização:

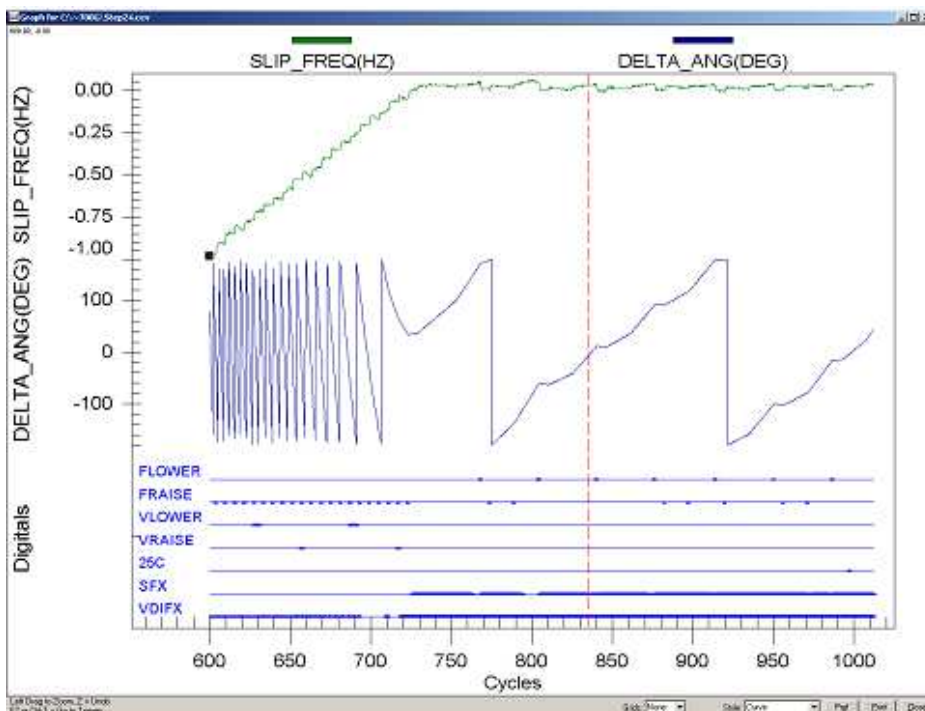



Figura 7 Exemplo de relatório gráfico de sincronização automática

Para maiores informações sobre os ajustes, as lógicas e o funcionamento da sincronização automática acesse a seção 4 do manual de instruções do relé SEL-700G.

DIAGRAMAS DE LIGAÇÃO

A figura 8 a seguir ilustra um exemplo para o relé SEL-700G com as conexões AC para as entradas de tensão e corrente, a fim de satisfazer os requisitos de proteção e sincronização automática da máquina. A figura mostra exemplo de ligação para o relé SEL-700G1+

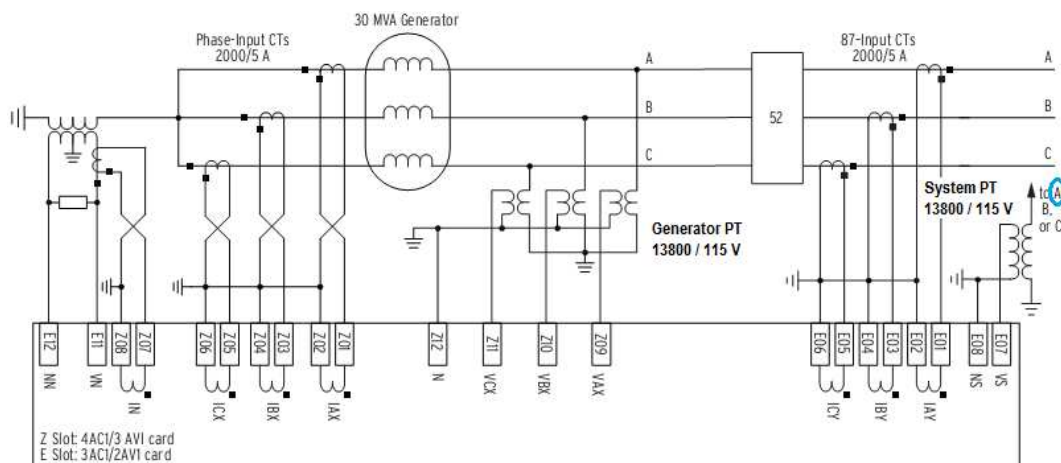



Figura 8 Conexões do circuito AC para o relé SEL-700G

Note que a entrada de tensão do sistema acima está considerando TP monofásico conectado entre uma das fases e a terra. Não existe transformador elevador entre o gerador e o TP da tensão do sistema. Como já visto, este TP pode ser conectado em qualquer fase (ou entre fases), pode possuir relação diferente dos TPs do lado do gerador e ainda pode haver transformador defasador (como delta-estrela), que o relé SEL-700G realiza compensação para trabalhar com tensões na mesma referência.

A figura 9 a seguir ilustra exemplo para as conexões do circuito de controle DC, evidenciando as saídas para pulsos de controle nos reguladores de velocidade e tensão, assim como comando do disjuntor. A figura mostra o arranjo de entradas e saídas conforme Part Number P/N 0700G11A2XBA76850231, mas pode ser aplicado a relés SEL-700G0+, SEL-700G1+ e SEL-700GT com pelo menos 1 (um) slot com 4 saídas digitais adicionais.

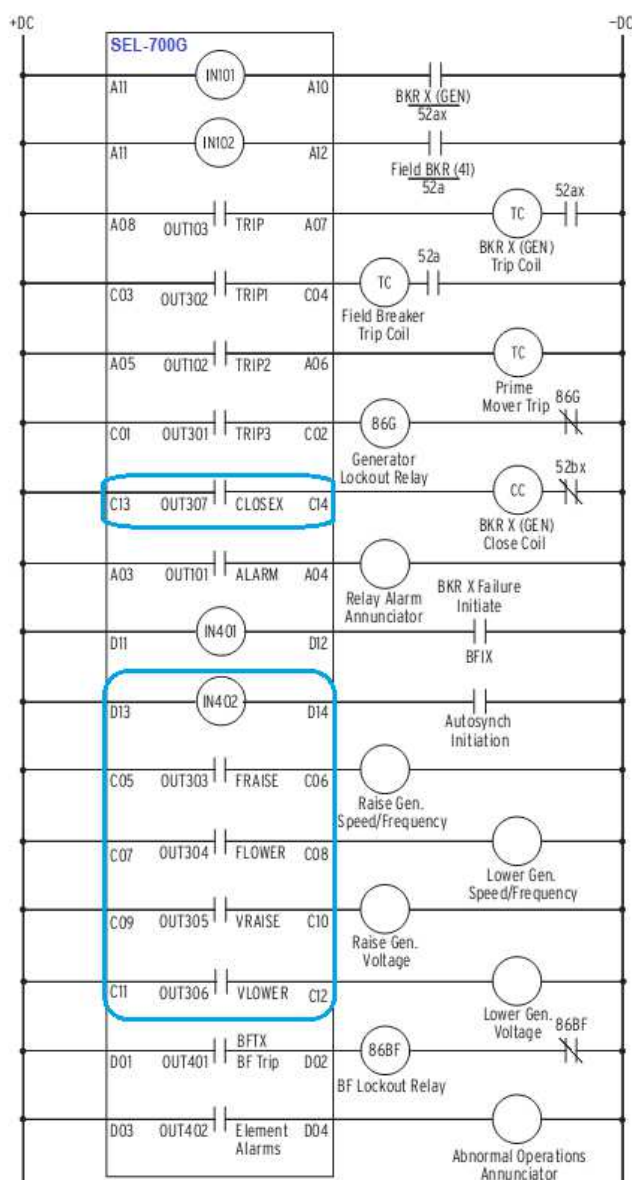



Figura 9 Conexões DC para controle dos reguladores e do disjuntor

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Para o arranjo e conexões mostradas nas figuras 8 e 9, iremos mostrar a seguir exemplo de ajustes a serem adotados para sincronização automática. Iremos considerar dados de catálogos de reguladores de velocidade e de tensão, porém para alguns parâmetros é recomendável contato direto com o fabricante dos reguladores, bem como lançar mão de testes ou experiências práticas anteriores.

Considere os ajustes para controle do regulador de velocidade e de tensão conforme tabela 2 abaixo (extraída do catálogo do fabricante):

Tabela 2 Parâmetros para o controlador do regulador de velocidade e tensão

CONFIGURATION OF THE GOVERNOR				
Parameters		Required	Units	Comments
Controll. in no-	load oper.	OFF		
Voltage measuring		1 phase L-L		
Freq. controller		ON		
Freq. controller	Insens.	0.10	Hz	
Freq. controller	Time pulse>	100	ms	Pulse Time = Tp * Kp
Freq. controller	Gain Kp	15.0		Delta Frequency
Freq. controller	T break <	50.0	s	De-activiation Dwell Time
Volt. controller		ON		
Volt. controller	Insens.	01.0	V	
Volt. controller	Time pulse>	100	ms	Pulse Time = Tp * Kp
Volt. controller	Gain Kp	15.0		Delta Voltage
Volt. controller	T break <	50.0	s	De-activiation Dwell Time
Synchron. Gen.		ON		
Synchron. Gen.	df max	0.15	Hz	
Synchron. Gen.	df min	0.00	Hz	
Synchron. Gen.	dU max	10.0	%	
Synchron. Gen.	phimax	10	°	
Synchron. Gen.	T. pulse	0250	ms	
Synchron. Gen.	Pick-up t.	100	ms	Circuit Breaker Close Td

Com base na tabela acima, podemos visualizar os limites de operação para as diferenças de tensões e frequências entre o gerador e o sistema. O gráfico da figura 10 a seguir os limites para esta sincronização de acordo com a tabela 2, considerando tensão nominal de 115 V secundários:

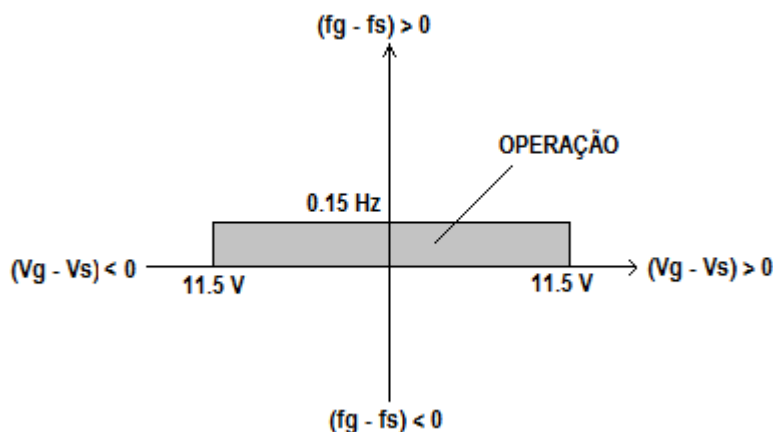



Figura 10 Limites de operação do gerador para sincronização automática

Ajustes do Relé SEL-700G

Considerando o sistema mostrado na figura 8 e as conexões apresentadas na figura 9, serão mostrados a seguir exemplos para ajustes das funções relacionadas no relé SEL-700G. Serão apresentadas as telas do software AcSELerator QuickSet – SEL-5030. Veja guia para instalação e utilização deste software no site da SEL: www.selinc.com.br

Os ajustes mostrados a seguir encontram-se em Group 1 > Set 1:

Configurações gerais.

Considerando que a relação do TP do gerador (conectado em estrela) e do TP de sincronismo (do sistema) seja de 13800 / 115 V, ajuste as relações de TP para 120:

Figura 11 Ajustes das relações dos TPs

<u>Configurações do check de sincronismo.</u>

Veja a figura 12 a seguir com os ajustes do software e comentários à direita com descrição e considerações para os parâmetros.

X Side Synchronism Check

E25X Synchronism Check Enable
Y — Select: Y, N → Check de sincronismo habilitado

Synchronism Check Elements

25VLOX Voltage Window - Low Threshold (volts)
59.75 — Range = 0.00 to 300.00 → Tensão minima permitida = 90% de Vnom (FN)

25VHIX Voltage Window - High Threshold (volts)
69.70 — Range = 0.00 to 300.00 → Tensão maxima permitida = 105% de Vnom (FN)

25VDIFX Maximum Voltage Difference (%)
10.0 — Range = 1.0 to 15.0, OFF → Máxima diferença entre as tensões conforme tabela 2

25RCFX Voltage Ratio Correction Factor
1.000 — Range = 0.500 to 2.000 → Fator de correção da tensão do gerador - igual a 1 pois não há transformador entre os TPs, que possuem a mesma relação

GENV+ Generator Voltage High Required
N — Select: Y, N → Ajuste que indica que a tensão do gerador deve ser superior à do sistema para permitir sincronismo. No caso, não há esta necessidade, portanto GENV+:= N (Não)

25SLO Minimum Slip Frequency (Hz)
0.00 — Range = -1.00 to 0.99 → Minima diferença de frequencia permitida - tabela 2

25SHI Maximum Slip Frequency (Hz)
0.15 — Range = -0.99 to 1.00 → Maxima diferença de frequencia permitida - tabela 2

25ANG1X Maximum Angle 1 (degrees)
10 — Range = 0 to 80 → Máxima diferença angular entre as tensões - tabela 2

SYNCPX Synchronism Check Phase (VAX, VBX, VCX or deg lag VAX)
VAX → Tensão de referência do gerador a ser comparada com a tensão do sistema neste caso o TP de sincronismo está conectado à fase A

TCLOSDX Breaker Close Time for Angle Compensation (milliseconds)
100 — Range = 1 to 1000, OFF → Tempo de fechamento do disjuntor para o relé compensar - tabela 2

BSYNCHX Block Synchronism Check Elements (SELogic)
52AX → Lógica de bloqueio da função - neste exemplo a lógica é bloqueada quando o disjuntor é (ou já está) fechado

Figura 12 Ajustes para lógica de verificação de sincronismo

Configurações da Sincronização Automática - AutoSync.

As telas a seguir apresentam os ajustes do software para autossincronização com respectivos comentários. A figura 13 a seguir apresenta os ajustes para controle do RV enquanto a figura 14 apresenta os ajustes para o RT.

Figura 13 Ajustes para controle da frequência do gerador

Figura 14 Ajustes para controle da tensão do gerador

Os ajustes FSYNCT e VSYNCT definem o tempo que de duração da lógica de sincronização automática. Uma vez ativada, a lógica executa as verificações e controle da frequência e tensão respectivamente durante este tempo definido em segundos.

O ajuste FADJRATE define a taxa (ou rampa) de variação da frequência no regulador de velocidade em Hz/seg. Com base nos dados da tabela 2, temos o tempo do pulso (Time pulse = Tp = 100 ms = 0.1 seg) e o ganho do controlador (Kp = 15). Da tabela 2, podemos extrair a equação (1) abaixo para encontrar o ajuste FADJRATE:

$$Tp * Kp = \frac{1}{FADJRATE}$$

$$FADJRATE = \frac{1}{Tp * Kp} \qquad (1)$$

Substituindo na equação (1), temos FADJRATE = 0.67 Hz/seg

O ajuste VADJRATE define a taxa (ou rampa) de variação da tensão no sistema de excitação em Volts/seg. Com base nos dados da tabela 2, temos o tempo do pulso (Time pulse = Tp = 100 ms = 0.1 seg) e o ganho do controlador (Kp = 15). Da tabela 2, podemos extrair a equação (2) abaixo para encontrar o ajuste VADJRATE:

$$Tp * Kp = \frac{1}{VADJRATE}$$

$$VADJRATE = \frac{1}{Tp * Kp} \qquad (2)$$

Substituindo na equação (2), temos VADJRATE = 0.67 Hz/seg

Os ajustes FPULSEI e VPULSEI definem o intervalo entre os pulsos de controle. Estes ajustes devem ser maiores que o tempo de estabilização da frequência e tensão respectivamente, após o recebimento dos pulsos de controle pelos reguladores. O objetivo é evitar um sobrealcance das frequências e tensões a serem atingidas indevidamente. Foi considerado aqui o ajuste de 5 segundos.

Os ajustes FPLSMIND e FPLSMAXD definem as larguras mínimas e máximas do pulso de controle de frequência. Foi considerado neste exemplo o ajuste mínimo permitido pelo relé SEL-700G para o tempo mínimo (0.1 segundos). Para o tempo máximo, como pode ser observado na figura 15 a seguir, deve-se considerar um tempo menor que o ajuste FPULSEI a fim de evitar conflitos na geração de pulsos. Foi considerado um valor neste guia de 4.5 segundos, valor este próximo e abaixo do ajuste FPULSEI

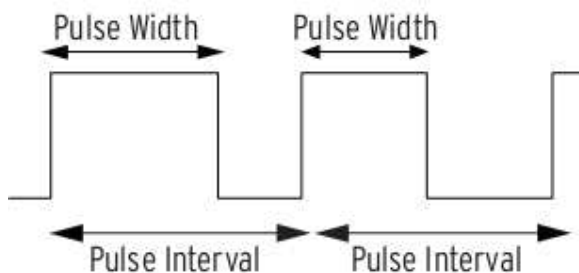



Figura 15 Largura e intervalo entre pulsos de controle

Para os parâmetros VPLSMIND e VPLSMAXD foi considerada a mesma filosofia dos ajustes FPLSMIND e FPLSMAXD, considerando o intervalo VPULSEI.

Os ajustes FSYNCST e VSYNCST definem lógica programável para iniciar o processo de sincronização automática para o controle de frequência e tensão separadamente. É possível associar um pushbutton do relé SEL-700G, ou comando via botão no painel (energizando uma IN do IED), ou ainda um comando remoto via protocolo de comunicação. No caso, conforme figura 9, foi considerada a entrada digital IN402.

Importante: Os intertravamentos para bloqueio da partida da sincronização automática podem ser contemplados nos ajustes FSYNCST e VSYNCST, garantindo assim proteção dos operadores e dos equipamentos e evitando manobras indevidas. Por exemplo, é possível bloquear o início da lógica de sincronização automática caso outro gerador esteja neste processo (através também de uma entrada digital do relé SEL-700G indicando que outro gerador está sendo conectado). Consulte o suporte da SEL ou a seção 4 do manual do relé SEL-700G para verificar como configurar lógicas programáveis no IED, para contemplar eventuais intertravamentos necessários.

O ajuste KPULSEI define o intervalo entre os pulsos rápidos associados ao controle do ângulo de fase da tensão gerada (ajuste fino). Foi considerado neste guia o mesmo critério dos ajustes FPULSEI e VPULSEI. Os ajustes KPLSMIND e KPLSMAXD, que definem a largura mínima e máxima dos pulsos rápidos, foram considerados com os maiores limiares permitidos pelo relé SEL-700G, a fim de permitir maior segurança na operação (KPLSMIND = 0.02 seg. e KPLSMAXD = 2 seg.).

Nota: Os ajustes definidos neste tópico acima devem ser feitos mediante consulta ao fabricante dos reguladores. Como muitas vezes os ajustes não são encontrados nos catálogos e manuais dos reguladores e controladores, a experiência e o resultado de testes práticos devem ser considerados também para definição destes ajustes. Os parâmetros definidos acima apresentam exemplo de critérios e filosofias adotadas, e estão sujeitos a alterações de acordo com as características da máquina síncrona e dos reguladores de velocidade e tensão.

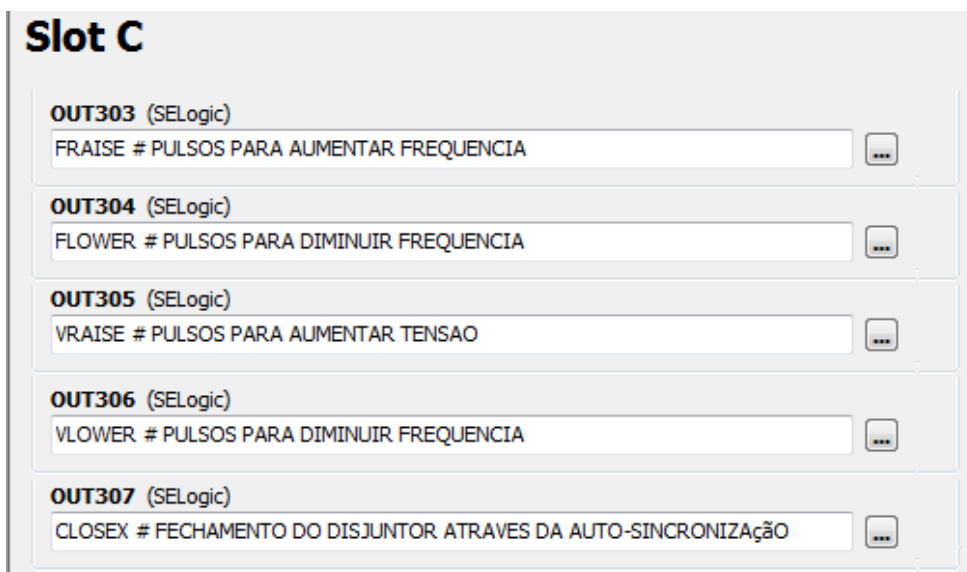
Outras Configurações.

As figuras a seguir mostram os ajustes necessários para a lógica de fechamento do disjuntor e a programação das saídas para controle dos reguladores.

Figura 16 Lógica de fechamento do disjuntor através da sincronização automática

O ajuste da equação de fechamento (CLX) mostrado acima considera o fechamento do disjuntor após início da sincronização automática (Word bits VSYNACT e FSYNCACT) e os critérios de sincronismos atendidos (Word Bit 25C). Outras condições podem ser inclusas nesta equação de acordo com a filosofia de operação, como comando de fechamento manual ou fechamento não supervisionado pela sincronização automática. O manual do SEL-700G (seção 4) apresenta outros exemplos para programação desta equação.

A figura 17 a seguir mostra a programação das saídas digitais do IED para fechamento do disjuntor e controle dos reguladores. Estes ajustes encontram-se em Group 1 > Logic 1 e foram feitos de acordo diagrama de conexões DC da figura 9:

Figura 17 Lógicas para as saídas digitais

As saídas OUT303 e OUT304 estarão conectadas ao regulador de velocidade enviando pulsos para aumento e diminuição da frequência respectivamente. As saídas OUT305 e OUT306 devem ser conectadas ao regulador de tensão para aumentar e diminuir a tensão respectivamente. A saída OUT307 irá fechar o disjuntor quando as condições da equação CLX mostradas anteriormente forem atendidas.

Nota: As saídas mostradas neste guia OUT301 a OUT307 considera o modelo do Part Number P/N 0700G11A2XBA76850231, que possui 8 saídas digitais no cartão (slot) C. Qualquer saída digital do relé SEL-700G pode ser usada para este controle, tal como OUT1xx, OUT3xx, OUT4xx ou OUT5xx, de acordo com o modelo do relé. Basta haver 5 (cinco) saídas disponíveis para atender esta funcionalidade.

OUTRAS TOPOLOGIAS E APLICAÇÕES

Adicionalmente ao até aqui apresentado, outras aplicações podem requisitar o controle e a sincronização de disjuntores de outros bays (terminais) que também estabelecerão paralelismo entre geração e sistema. As figuras 18 e 19 ilustram exemplos para estas situações, evidenciando os disjuntores a serem sincronizados. Neste caso pode-se optar por um sincronizador para cada disjuntor (figura 18), ou aplicar um único IED capaz de sincronizar até 5 disjuntores de forma simultânea (figura 19), como o IED SEL-451-5.

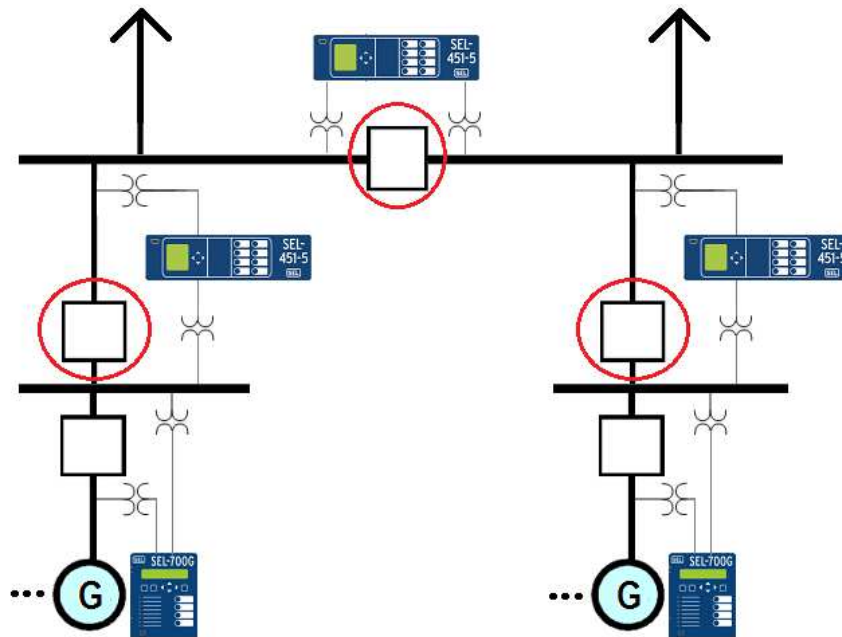



Figura 18 Aplicação com um IED dedicado para sincronismo dos disjuntores remotos

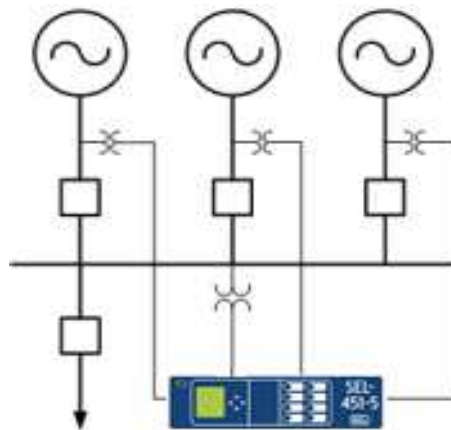



Figura 19 Aplicação com um único IED para sincronização de até 5 unidades geradoras

Para estas aplicações, principalmente para o a solução mostrada na figura 18, o IED SEL-451-5 pode estar consideravelmente longe dos reguladores de tensão e velocidade das máquinas. Nesta situação pode ser inviável a passagem de cabos de controle, além da interferência eletromagnética. Contudo, através da norma IEC 61850, podemos conectar os IEDs em rede Ethernet, usando fibra ótica, e enviar comandos a módulos (tipo SEL-2440) instalados próximos ao RT e RV. A figura 20 mostra exemplo de arquitetura em rede considerando esta topologia.

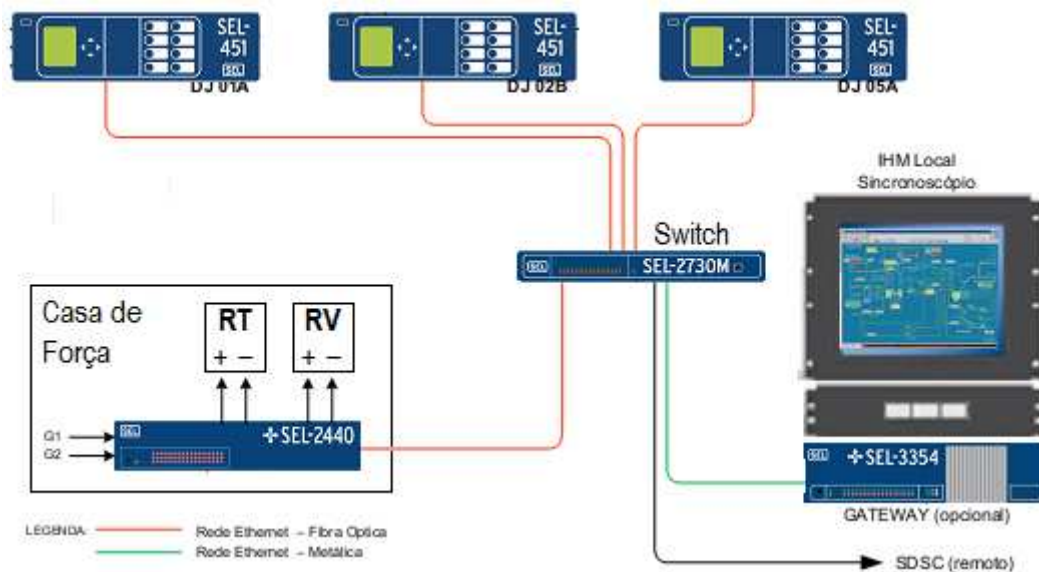



Figura 20 – Topologia IEC 61850 para aplicação com IEDs distantes ao RT e RV

A figura 20 apresenta solução para somente um gerador, mas o sistema apresentado é válido para vários geradores conectados em paralelo. Ainda, a topologia apresentada oferece recursos para intertravamento e definição dinâmica de qual gerador do sistema sincronizar de acordo com a posição dos disjuntores de cada terminal.

Outra opção para sistemas com disjuntores sincronizáveis distantes da casa de força, é utilizar arquitetura serial relé-relé, através do protocolo de comunicação SEL Mirrored Bits. Esta solução é mais simples e possui menor custo em relação à arquitetura em IEC 61850, porém com menos recursos para expansão de lógicas e aplicação de outras de funções e intertravamentos no esquema.

Consulte o suporte técnico SEL para maiores informações sobre soluções existentes para estes tipos de aplicações e topologias mostrados neste item.

ASSISTÊNCIA DA FÁBRICA

Apreciamos seu interesse nos produtos e serviços da SEL. Se houver qualquer dúvida, comentário ou sugestão, por favor, entre em contato com:

SEL - Schweitzer Engineering Laboratories, Comercial Ltda.
Rodovia SP 340 - Campinas / Mogi Mirim, Km 118,5 – Prédio 11
Campinas / SP – CEP:13.086-902
Tel: (19) 3515.2000   Fax: (19) 3515.2011
www.selinc.com.br   suporte@selinc.com

Suporte Técnico - SEL HOT LINE
Tel: (19) 3515.2010
E-mail: suporte@selinc.com